4P

УДК 614.8.084+658.3

В.А. Резников, А.В. Федоренко
Донецкий национальный технический университет, Украина
Украина, 83050, г. Донецк, пр. Богдана Хмельницкого, 84

Модели формирования поражающих факторов двухконтурного выпарного агрегата

V.A. Reznikov, A.V. Fedorenko
Donetsk National Technical University, Ukraine
Ukraine, 83050, c. Donetsk, Bogdana Khmelnitskogo av.

Model of the Formation Damaging Factors of Dual Circuit Evaporator Unit

В.О. Рєзніков, О.В. Федоренко
Донецький національний технічний університет, Україна
Україна, 83050, м. Донецьк, пр. Богдана Хмельницького, 84

Моделі формування уражальних чинників двоконтурного випарного агрегату

На основании анализа устройства и принципа работы двухконтурного выпарного агрегата выявлены основные поражающие факторы и построено дерево происшествий. Определены минимальные пропускное и отсечное сочетания событий-предпосылок, позволяющих упростить дальнейший анализ разработанной модели.
Ключевые слова: двухконтурный выпарной агрегат, безопасность, события-предпосылки, дерево происшествий.

Based on the analysis of the device and the principle of the two-circuit evaporator unit the main affecting factors identified and built the tree of incidents. To simplify further analysis of the model minimum throughput and interception combinations of events-preconditions are defined.
Key words: dual-circuit evaporator unit, security, precondition-events, tree of accidents.

На підставі аналізу пристрою і принципу роботи двоконтурного випарного агрегату виявлено основні вражаючі фактори і побудовано дерево випадків. Визначено мінімальні пропускні і відсічні поєднання подій-передумов, що дозволяють спростити подальший аналіз розробленої моделі.
Ключові слова: двоконтурний випарний агрегат, безпека, події-передумови, дерево випадків.

Постановка задачи

Системный анализ процессов в техносфере показывает [1], что в качестве объекта исследования должна рассматриваться система «человек-машина-среда», поскольку она отражает тот непреложный факт, что любой производственный процесс есть эксплуатация людьми техники в определенной среде. Следовательно, с одной стороны, в данной системе содержатся носители всех типов предпосылок к техногенным происшествиям (ошибки человека, отказы техники и неблагоприятные воздействия на них со стороны окружающей среды), а с другой стороны, она включает в себя и источник опасности, и потенциальную жертву.

Состояние системы «человек-машина-среда» S в любой момент времени $t \in (t_i,\ t_{i+j})$ характеризуется набором переменных, которые, в свою очередь, зависят от параметров, характеризующих состояния элементов системы, то есть

$$S(t) = f\left(C_k(t), C_l(t), C_m(t), C_n(t), C_r(t)\right), \tag{1}$$

где $C_k(t),\ k = \overline{1,K}$ – параметры состояния технологии; $C_l(t),\ l = \overline{1,L}$ – параметры состояния оборудования; $C_m(t),\ m = \overline{1,M}$ – параметры состояния системы управления (в том числе и человека-оператора); $C_n(t),\ n = \overline{1,N}$ – параметры состояния входных воздействий на систему (заданные функции, выделенные ресурсы, требуемые условия работы); $C_r(t),\ r = \overline{1,R}$ – параметры состояния внешней среды.

Очевидно, что выходы указанных параметров за пределы установленных «нормативных» ограничений будут приводить к изменениям состояния всей системы. Однако переход системы из безопасного состояния в опасное состояние [2] (то есть возникновение опасной ситуации) будет иметь место только при определенном сочетании параметров и при существовании соответствующих причинно-следственных связей между элементами системы в любой момент времени. Следовательно, важной и актуальной задачей является установление возможности и определение вероятности формирования тех причинно-следственных связей, которые приводят к появлению происшествий, сопровождающихся выделением поражающих факторов. Важность этой задачи заключается еще и в том, что её решение позволит обеспечить максимальное снижение риска техногенного происшествия при минимальных затратах [1].

Действенным способом решения указанной задачи является моделирование техногенных происшествий с помощью диаграмм влияния [1]. Качественный и количественный анализ этих моделей позволяет не только выявить условия возникновения происшествия, но и определить тот минимальный состав способов и средств Мониторинга и диагностирования, с помощью которых возможно прогнозирование появления опасной ситуации еще на ранней стадии изменения параметров системы.

В данной статье рассматривается задача формирования и качественного анализа дерева происшествий, возникающих при эксплуатации двухконтурного выпарного агрегата.

Анализ объекта моделирования

Двухконтурный выпарной агрегат (рис. 1) предназначен для концентрирования растворов, суспензий и эмульсий при кипении. В процессе выпаривания вода из раствора удаляется в виде пара, а растворенное вещество или дисперсная фаза эмульсий и суспензий остается в неизменном количестве [3]. Принцип работы объекта упрощенно заключается в следующем [4]. Начальный раствор, характеризующийся расходом $Q_{вх}$, концентрацией $C_{вх}$ и температурой $T_{вх}$, подается в первый корпус, где подвергается обработкой перегретым паром, от расхода которого ($Q_{пар}$) зависят режимные параметры первого контура (P_1, T_1, H_1) и концентрация раствора на его выходе C_1. Во втором контуре раствор, поступивший из первого контура, подвергается обработке вторичным паром при пониженном давлении P_2, в результате чего его параметры ($Q_{вых}$, $C_{вых}$, $T_{вых}$) доводятся до требуемого уровня.

Управление выпарным агрегатом может осуществляться в ручном и автоматическом режимах. В ручном режиме человек-оператор осуществляет пуск и последующее управление работой установки. В свою очередь, при пуске оператор открывает заслонки и вентили в соответствии со структурными особенностями и технологией работы объекта. При управлении в обязанности оператора входят регулирование подачи пара и раствора и контроль основных технологических параметров, предусмотренных инструкцией по эксплуатации выпарной установки (давление пара, объем и концентрация раствора, температурный режим корпусов и т.д.).

При этом человек-оператор находится в пространстве, непосредственно примыкающем к объекту.

Автоматическое управление выпарным агрегатом осуществляется путем применения ряда автоматических регуляторов.

На рис. 1, взятом из работы [5], приведена схема выпарного агрегата, оснащенного достаточно большим числом автоматических регуляторов

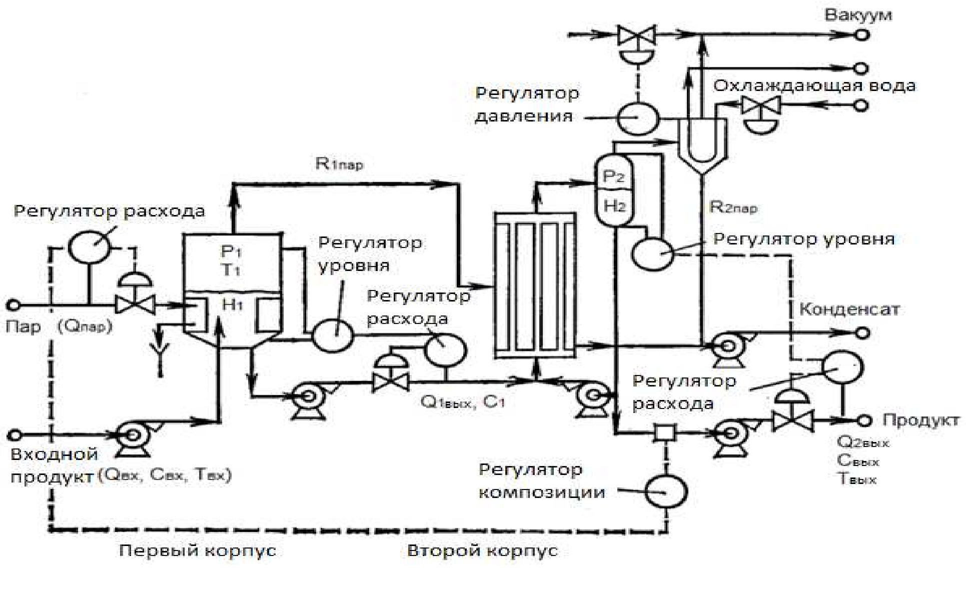


Рисунок 1 – Двухконтурный выпарной агрегат

С учетом динамики протекания процессов и характера взаимодействия Контуров выпаривания количество регуляторов может быть уменьшено [4].

В данной статье, в частности, принято, что выпарной агрегат оснащен автоматическими регуляторами уровня раствора в первом контуре, расхода раствора на выходе первого контура и расхода конечного продукта.

В этом режиме человек-оператор находится за операторским пультом и выполняет, в основном, функции контроля, хотя функция пуска за ним сохраняется.

Модель происшествий

На основании анализа конструкции объекта и реализуемой им технологии выпаривания, а также в соответствии с концепцией моделирования опасных процессов при помощи диаграмм влияния [1] в качестве головных событий дерева происшествий нами приняты:

– поражение человека-оператора перегретым паром;

– поражение человека-оператора парами раствора.

Отметим, что еще одним головным событием является поражение человека-оператора электрическим током.

Однако это происшествие является общим для многих технологических объектов и достаточно подробно проанализировано в работе [1].

Формирование указанных поражающих факторов рассматривается как в ручном, так и в автоматическом режимах управления, поскольку применение автоматических регуляторов хотя и «удаляет» оператора от опасной зоны, однако их отказы могут приводить к созданию ситуаций, часто даже более опасных, чем при ручном режиме управления.

В статье приняты следующие обозначения:

$\{A\}$ – множество событий-предпосылок;

$\{B\}$ – множество условий, при которых возможно поражение человека-оператора;

$\{C\}$ – множество промежуточных событий;

{D} – множество окончательных событий (происшествий).

Кроме того, принято: D_1 – поражение человека-оператора перегретым паром; D_2 – поражение человека-оператора парами концентрированного раствора.

На рис. 2 представлено дерево происшествий для события «поражение человека-оператора перегретым паром» и использованы следующие условные обозначения:

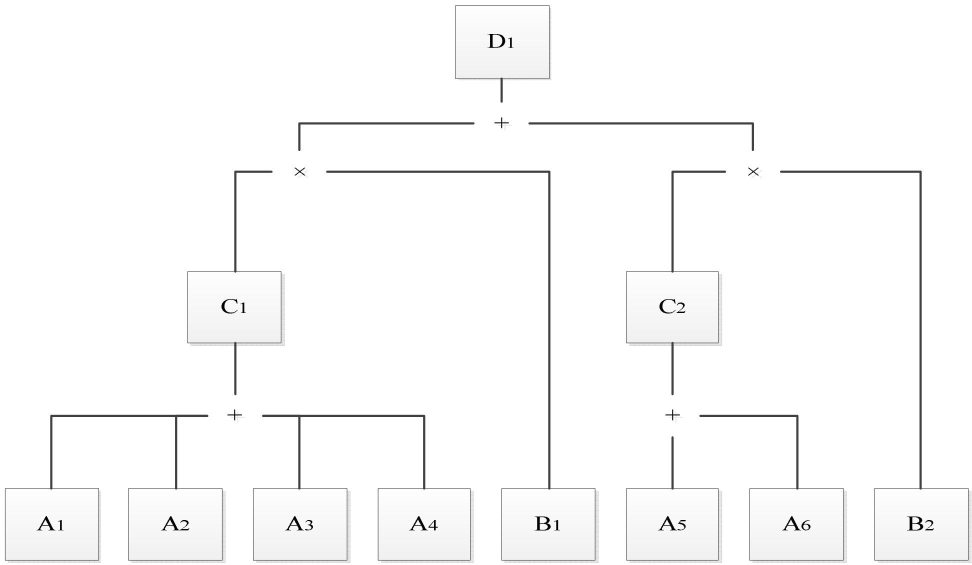


Рисунок 2 – Дерево происшествий для события «поражение человека-оператора перегретым паром»

A_1 – отказ вентиля подачи перегретого пара в первый контур выпаривания (заклинивание вентиля в закрытом положении);

A_2 — отказ автоматического регулятора уровня первого контура выпаривания (регулятор устанавливает вентиль подачи пара в закрытое положение и в дальнейшем не реагирует на изменения входного сигнала);

A_3 – ошибка человека-оператора (при пуске системы не открыт вентиль подачи перегретого пара в первый контур выпаривания);

A_4 – отказ датчика-расходомера;

A_5 – отказ вентиля подачи перегретого пара в первый контур выпаривания (заклинивание вентиля в открытом положении);

A_6 – отказ автоматического регулятора уровня первого контура выпаривания (регулятор устанавливает вентиль подачи пара в открытое положение и в дальнейшем не реагирует на изменения входного сигнала);

B_1 – человек-оператор находится вблизи первого контура выпаривания;

B_2 – человек-оператор находится вблизи второго контура выпаривания;

C_1 – попадание перегретого пара в окружающую среду первого контура выпаривания;

C_2 – попадание перегретого пара в окружающую среду второго контура выпаривания.

На рис. 3 представлено дерево происшествий для события «поражение человека-оператора парами концентрированного раствора» и использованы следующие условные обозначения:

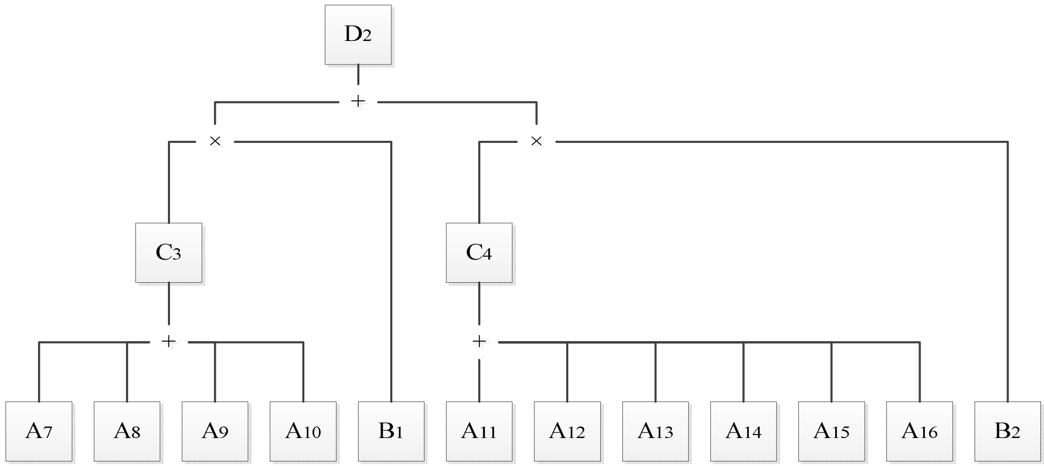


Рисунок 3 – Дерево происшествий для события
«поражение человека-оператора парами концентрированного раствора»

A_7 – отказ автоматического регулятора расхода раствора на выходе первого контура выпаривания (регулятор устанавливает вентиль расхода в закрытое положение и в дальнейшем не реагирует на изменения входного сигнала);

A_8 – отказ вентиля расхода раствора на выходе первого контура выпаривания (вентиль заклинило в закрытом положении);

A_9 – отказ автоматического регулятора уровня первого контура выпаривания (регулятор не реагирует на изменения входного сигнала);

A_{10} – отказ датчика уровня;

A_{11} – отказ автоматического регулятора расхода раствора на выходе первого контура выпаривания (регулятор устанавливает вентиль расхода в открытое положение и в дальнейшем не реагирует на изменения входного сигнала);

A_{12} – отказ вентиля расхода раствора на выходе первого контура выпаривания (вентиль заклинило в открытом положении);

A_{13} – отказ датчика-расходомера;

A_{14} – отказ автоматического регулятора расхода выходного продукта (регулятор устанавливает вентиль расхода в закрытое положение и в дальнейшем не реагирует на изменения входного сигнала);

A_{15} – отказ вентиля расхода выходного продукта (вентиль заклинило в закрытом положении);

A_{16} – отказ датчика-расходомера;

C_3 – попадание концентрированного раствора в окружающую среду первого контура выпаривания;

C_4 – попадание концентрированного раствора в окружающую среду второго контура выпаривания.

В соответствии с рис. 2 и 3 имеем следующие логические модели формирования происшествий:

$$D_1 = C_1 + C_2 = (A_1 + A_2 + A_3 + A_4)B_1 + (A_5 + A_6)B_2; \quad (2)$$

$$\begin{aligned} D_2 = C_3 + C_4 = (A_7 + A_8 + A_9 + A_{10})B_1 + \\ + (A_{11} + A_{12} + A_{13} + A_{14} + A_{15} + A_{16})B_2. \end{aligned} \quad (3)$$

Первым шагом анализа модели происшествия является определение минимального пропускного сочетания (МПС) и минимального отсечного сочетания (МОС) событий-предпосылок, что существенно упрощает дальнейший анализ диаграммы влияния с точки зрения решения главной задачи – снижения вероятности появления техногенной аварии. При этом, по определению [1], МПС включает в себя наименьшее число тех исходных предпосылок дерева происшествия, одновременное появление которых достаточно для прохождения сигнала от них к головному событию, а МОС формирует условия непоявления головного события, то есть состоит их исходных событий, одновременное отсутствие которых гарантирует и отсутствие происшествия.

В результате анализа деревьев происшествий (см. рис. 2 и 3) получили:

для происшествия D_1:

$$МПС = \{(A_1B_1),\ (A_2B_1),\ (A_3B_1),\ (A_4B_1),\ (A_5B_2),\ (A_6B_2)\}; \quad (4)$$

$$МОС = \{(A_1A_2A_3A_4A_5A_6),\ (A_1A_2A_3A_4B_1), (A_5A_6B_2), (B_1B_2)\}; \quad (5)$$

для происшествия D_2:

$$МПС = \begin{Bmatrix} (A_7B_1), (A_8B_1), (A_9B_1), (A_{10}B_1), (A_{11}B_2), \\ (A_{12}B_2), (A_{13}B_2), (A_{14}B_2), (A_{15}B_2), (A_{16}B_2) \end{Bmatrix}; \quad (6)$$

$$МОС = \begin{Bmatrix} (A_7A_8A_9A_{10}), (A_{11}A_{12}A_{13}A_{14}A_{15}A_{16}), (B_1B_2), \\ (A_7A_8A_9A_{10}B_1), (A_{11}A_{12}A_{13}A_{14}A_{15}A_{16}B_2) \end{Bmatrix}. \quad (7)$$

Выводы

Представленные модели происшествий, возникновение которых возможно при эксплуатации двухконтурного выпарного агрегата, позволяют не только проследить причинно-следственные связи между событиями-предпосылками и головным событием, но и на качественном уровне выявить те элементы объекта, изменения состояния которых, обусловленное различными внешними и внутренними причинами, сопровождается формированием поражающих факторов. Понятно, что мониторинг и диагностирование состояния этих элементов обязательно.

Кроме того, введение в данные модели оценок технологических параметров и показателей работоспособности элементов и, что особенно важно, мнений экспертов, позволит определить центр технологической безопасности (то есть множество таких состояний, при которых функционирование объекта наиболее безопасно [2]), и тот

минимальный набор средств контроля и диагностирования, применение которого даст возможность снизить риск возникновения аварийных ситуаций при эксплуатации двухконтурного выпарного агрегата.

Литература

1. Белов П.Г. Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере : [учебное пособие для студентов вузов] / Белов П.Г. – М. : Изд. центр «Академия», 2003. – 512 с.
2. Богатиков В.Н. Технология построения систем технической диагностики состояний / В.Н. Богатиков, Н.А. Тоичкин. // Информационные ресурсы России. – 2006. – № 1. – С. 10-17.
3. Таубман Е.И. Выпаривание (Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии) / Таубман Е.И. – М. : Химия, 1982. – 328 с.
4. Згуровский М.З. Системы фильтрации и управления с разделяющимися разнотемповыми движениями / М.З. Згуровский, В.Д. Романенко. – К. : Наукова думка, 1998. – 376 с.
5. Рей У. Методы управления технологическими процессами / Рей У. – М. : Мир, 1983. – 368 с.

Literature

1. Belov P.G. Systems analysis and modeling of hazardous processes in the technosphere : A manual for students / Belov P.G. – M. : Ed. center «Academy», 2003. – 512.
2. Bogatikov V.N. The technology of building systems engineering diagnostics of conditions / V.N. Bogatikov, N.A. Toichkin // Information Resources Russia. – 2006. – № 1. – S. 10-17.
3. Taubman E.I. Evaporation (Processes and devices of chemical and petrochemical technologies) / Taubman E.I. – M. : Chemistry, 1982. – 328 s.
4. Zgurovsky M.Z. Filtration systems and management with multiple movements multirate / M.Z. Zgurovsky, V.D. Romanenko. – Kiev : Naukova Dumka, 1998. – 376 p.
5. Ray W. Methods of process control / Ray W. – Academic Press, 1983. – 368 p.

RESUME

V.A. Reznikov, A.V. Fedorenko

Model of the Formation Damaging Factors of Dual Circuit Evaporator Unit

Review and analysis of the system as the object of the «man-machine-environment» based on the fact that this system, on the one hand, contains all types of precondition carriers to technogenic accident, and on the other - it includes the source of the danger, and the potential victim.

State of the system is characterized by a set of variables, which, in turn, depend on the parameters characterizing the state of the elements of the system. Output parameters exceed specified limits will result in state changes of the whole system and for a certain combination of parameters and the existence of a cause-effect relationship between the elements of the system will cause in a dangerous condition. Consequently, an important and urgent task is to determine the probability of the cause-effect relationships that lead to the appearance of accidents involving the release of damaging factors.

An approach to the formation and qualitative analysis of tree type of diagram of influences, viewed in this article, will trace the cause-effect relationships between precondition-events and its parent event, but also on the qualitative level to identify those elements of the object, which change of state is accompanied by the formation of damaging factors. Further analysis of the data, putting into these models assessments of technology parameters, indicators of performance elements, as well as the opinions of experts will determine the safest state of operation of the facility and a minimum set of controls and diagnostics, the application of which will make it possible to reduce the risk of accidents when operating a dual-circuit evaporator unit.

Статья поступила в редакцию 15.04.2013.